Kanton Zürich
Baudirektion
Amt für Landschaft und Natur
Fachstelle Naturschutz

Aktionsplan Strandling (*Littorella uniflora* (L.) Asch.)

Artenschutzmassnahmen für gefährdete Farn- und Blütenpflanzen im Kanton Zürich

Februar 2023

Herausgeberin

Kanton Zürich
Baudirektion
Amt für Landschaft und Natur
Fachstelle Naturschutz
Stampfenbachstr. 12
8090 Zürich
Telefon 043 259 30 32
naturschutz@bd.zh.ch
www.zh.ch/naturschutz

Autor-/in

Agnes Schärer, Sieber & Liechti GmbH, Limmatauweg 9, 5408 Ennetbaden

Redaktionelle Bearbeitung

Karin Marti, topos Marti & Müller AG, Idastrasse 24, 8003 Zürich

Titelbild

Tobias Liechti, Sieber & Liechti GmbH, Limmatauweg 9, 5408 Ennetbaden

Inhalt

Zusammenfassung 5

1. Einleitung 6

2. Allgemeine Angaben zu *Littorella uniflora* (L.) Asch. 7
2.1. Ökologie 7
2.2. Gefährdungsursachen 15
2.3. Auswirkungen einer Klimaveränderung 16
2.4. Bestandessituation in Europa 17
2.5. Bestandessituation in der Schweiz 19

3. Situation im Kanton Zürich 21
3.1. Ursprüngliche Vorkommen 21
3.2. Neu gegründete Vorkommen 21
3.3. Aktuelle Bestandessituation und Gefährdung 21

4. Umsetzung Aktionsplan 22
4.1. Ziele 22
4.1.1. Gesamt- und Zwischenziele 22
4.1.2. Zielbegründung 23
4.2. Erhaltungs- und Förderungsmassnahmen 23
4.2.1. Bestehende Vorkommen 23
4.2.2. Wiederansiedlungen 23
4.2.3. Potenziell geeignete Lebensräume 24
4.2.4. Optimale Pflege der Lebensräume 25

5. Erfolgskontrolle 26
5.1. Erfolgskontrolle Aktionsplan 26
5.1.1. Methode 26
5.1.2. Erfolgsbeurteilung 26
5.1.3. Interventionswerte 27
5.2. Erfolgsbeurteilung der bisherigen Massnahmen 27
5.2.1. Massnahmen allgemein 27
5.2.2. Wiederangesiedelte Populationen 28
5.2.3. Weiteres Vorgehen 28

6. Literatur / Quellen 30

Auf Anfrage:

Anhang A:
Checkliste zu den Ansiedlungen und Erfolgskontrollen

Anhang B:

Karte der priorisierten Ansiedlungsregionen und des Ansiedlungskonzepts für *Littorella uniflora* (L.) Asch. im Kanton Zürich

Anhang C

Liste der vermutlich erloschenen Vorkommen von *Littorella uniflora* (L.) Asch. im Kanton Zürich

Anhang D:

Karte der Vorkommen von *Littorella uniflora* (L.) Asch. im Kanton Zürich und Umgebung

Anhang E:

Liste der Vorkommen von *Littorella uniflora* (L.) Asch. im Kanton Zürich und Umgebung

Anhang F:

Bestandessituation des ursprünglichen Vorkommens von *Littorella uniflora* (L.) Asch. im Kanton Zürich

Anhang G:

Bestandessituation der wieder angesiedelten und kontrollierten Vorkommen von *Littorella uniflora* (L.) Asch. im Kanton Zürich

Zusammenfassung

Die Vorkommen des Strandlings (*Littorella uniflora* (L.) Asch.) sind gesamtschweizerisch stark zurückgegangen. Als Teil des nordöstlichen Verbreitungsschwerpunkts in der Schweiz trägt der Kanton Zürich eine spezifische Verantwortung für seine Erhaltung. Der vorliegende Aktionsplan für *Littorella uniflora* beschreibt diejenigen Massnahmen, mit denen die Art im Kanton Zürich langfristig erhalten und gefördert werden soll. Er enthält Angaben zu den Bestandesgrössen, den Förderungszielen, eine Erfolgsbeurteilung der bisherigen Massnahmen (Stand 2022) und Beispiele für konkrete Fördermassnahmen. Der Aktionsplan soll als Arbeitshilfe für die Realisierung lokaler Projekte (z.B. Uferaufwertungen) dienen.

Die hauptsächlichen ursprünglichen Lebensräume von *Littorella uniflora* im Kanton Zürich waren flache sandig-kiesige Seeufer mit saisonal stark schwankendem Wasserstand. Stellenweise fand sich die Art auch am Rheinufer. Heute existiert noch eine ursprüngliche Population im Zürichsee an einem dauerhaft submersen Standort. Um das Vorkommen von *Littorella uniflora* im Kanton Zürich langfristig zu sichern, werden als Zielgrössen insgesamt rund 10 Populationen, davon mindestens die Hälfte mit über 1000 Pflanzen, angestrebt. Die Hauptförderungsmassnahme besteht in der Schaffung flacher, sandig-kiesiger, konkurrenzfreier Gewässerufer.

1. Einleitung

Das Bundesgesetz über den Natur- und Heimatschutz verlangt, dass dem Aussterben einheimischer Tier- und Pflanzenarten durch die Erhaltung genügend grosser Lebensräume (Biotope) und durch andere geeignete Massnahmen entgegenzuwirken ist. Zahlreiche Arten sind im Kanton Zürich oder gesamtschweizerisch so stark gefährdet, dass sie kurz vor dem Aussterben stehen. Die Fachstelle Naturschutz hat in Abstimmung mit der Liste der National Prioritären Arten (BAFU, 2011) diejenigen Arten ausgewählt, für deren Erhaltung in der Schweiz der Kanton Zürich eine besondere Verantwortung trägt und für welche Fördermassnahmen dringlich sind. Art und Umfang der Massnahmen, die zusätzlich zum Biotopschutz nötig sind, sollen in artspezifischen Aktionsplänen (Artenhilfsprogrammen) zusammengestellt werden.

Seit 2004 realisiert die Fachstelle Naturschutz des Kantons Zürich Massnahmen zur Erhaltung und Förderung des Strandlings (*Littorella uniflora* (L.) Asch.). Im vorliegenden Bericht wird das bisherige Wissen zur Art und die aktuelle Situation der Bestände (Stand 2022) im Kanton Zürich beschrieben. Die vorgesehenen Massnahmen fördern auch andere gefährdeten Arten mit ähnlichen Lebensraumansprüchen.

2. Allgemeine Angaben zu *Littorella uniflora* (L.) Asch.

2.1. Ökologie

Littorella uniflora (L.) Asch. besiedelt sandig-kiesige bis leicht schlammige Uferbereiche oligotropher oder mesotropher strömungsberuhigter Gewässer. In Westeuropa sind dies insbesondere Seen und sekundär auch Fischteiche, Wasserreservoire, Grubengewässer und ähnliches. Zusätzlich ist die Art auch aus Dünen und dem Übergang zur Salzmarsche bekannt (During, 1980). Auch Hegi (1906) erwähnt Vorkommen am Meeresufer. Flussabwärts von bestehenden Vorkommen kann sich *Littorella uniflora* manchmal auch in strömungsberuhigten Buchten, Rückwassern oder Altarmen u.ä. etablieren. In der Regel liegen die Bestände im Tiefland oder in der kollinen Stufe. Die höchstgelegenen Vorkommen in West- und Mitteleuropa befinden sich in der montanen Stufe.

Als konkurrenzschwache Pflanzenart wird *Littorella uniflora* rasch von dichten Beständen höherwüchsiger Arten wie etwa Ausläufer-Straussgras, Seggen, Rohr-Glanzgras, Röhricht oder Gehölzen verdrängt. Gleichzeitig wächst die Art zwar auch submers bis in maximal vier Meter Tiefe (Franke & Zehm, 2009; Käsermann, 1999), kann jedoch auch dort von anderen dicht wachsenden Makrophyten verdrängt oder durch Algenbeläge zum Absterben gebracht werden. Voraussetzung für den langfristigen Fortbestand von *Littorella uniflora*-Vorkommen sind daher eine relativ geringe Nährstofffracht im Wasser sowie ein innerhalb eines Jahres stark schwankender Wasserstand. Die einige Wochen bis mehrere Monate dauernden Überschwemmungen drängen die Konkurrenz zurück. Während des Trockenfallens hingegen vollzieht sich bei *Littorella uniflora* die sexuelle Reproduktion und Samen im Boden werden zum Keimen angeregt. Submerse Bestände mit stabilen Umweltbedingungen können auch ohne Wasserstandsschwankungen bestehen. Aufgrund ihrer speziellen Habitatanforderungen ist *Littorella uniflora* von Natur aus selten.

Für die Schweiz kann der Bodensee mit seinen vergleichsweise grossen *Littorella uniflora* - Vorkommen exemplarisch als Beispiel für den ursprünglichen Lebensraum der Art dienen, nämlich unregulierte Voralpenseen mit stark schwankendem Wasserstand. Am Bodensee schwankte der Pegel in den letzten Jahrzehnten innerhalb eines Jahres im Mittel um etwa 1.8 Meter. *Littorella uniflora* wächst dort zusammen mit dem Wurzelnden Sumpf-Hahnenfuss (*Ranunculus reptans*), dem Bodensee-Vergissmeinnicht (*Myosotis rehsteineri*) und der Rheinischen Schmiele (*Deschampsia rhenana,* auch Bodensee-Schmiele) in der Strandschmielen-Gesellschaft (*Deschampsietum rhenanae*) – auch einfach als «Strandrasen» benannt. Diese Pflanzengesellschaft ist für den Bodensee endemisch (Strang et al., 2012).

Littorella uniflora ist aspektbildend auf flachen (zirka 1:20 geneigten) sandig-kiesigen Ufern zu finden, von knapp unterhalb der Mittelwasserlinie bis ca. 40 cm oberhalb davon (Strang et al., 2012). Nach der winterlichen Niedrigwasserphase steigt der Wasserpegel im März

durch Regenfälle und Schneeschmelze relativ rasch an. Ab Spätsommer sinkt der Wasserspiegel wieder, sodass die Strandrasenflächen durchschnittlich etwa Ende Oktober wieder trocken liegen.

Abb. 1 Aspekte des Strandrasens am Bodensee, Mitte September 2022. Der Wasserpegel lag damals mehr als einen halben Meter tiefer als durchschnittlich jeweils Mitte September in den vergangenen hundert Jahren. Quelle: Agnes Schärer, Sieber & Liechti, 14.09.2022.

Der Pegelverlauf des Bodensees ist jedoch von Jahr zu Jahr sehr unterschiedlich, sodass die Überschwemmungsdauer für die Strandrasen-Bestände stark schwankt. Als Reaktion darauf lassen sich kurz- bis mittelfristig Veränderungen innerhalb der Ufervegetation beobachten. Die Bestände der einzelnen Strandrasen-Arten vergrössern oder verkleinern sich in Abhängigkeit ihrer Toleranz gegenüber Überstauung. Zudem verschieben sich die Bestände auf dem Flachufer örtlich in Bezug auf den Wasserspiegel, also seewärts oder landwärts. Doch auch die Konkurrenzpflanzen reagieren auf extreme Niedrig- und Hochwasserereignisse und dehnen sich aus respektive ziehen sich landwärts zurück (Dienst & Strang, 2008; Strang et al., 2012). Für *Littorella uniflora* zeigen die Erfahrungen am Bodensee eine Überschwemmungstoleranz für schätzungsweise maximal etwa neun Monate, längere Überschwemmungsphasen führen dort zum Absterben der Pflanzen. Auch sind aus dem Bodensee aktuell keine submersen *Littorella uniflora*-Bestände bekannt (Dienst, mündl., 2022). Die Veränderungen der Strandrasen-Bestände an verschiedenen Stellen am Bodensee sind jedoch nicht immer einheitlich und lassen sich auch nicht in jedem Fall gleich gut

erklären. In anderen Schweizer Seen wächst *Littorella uniflora* jedoch durchaus permanent submers, so beispielsweise im Neuenburgersee, im Thunersee oder auch im Zürichsee (inklusive Obersee).

Selbst am Bodensee sind Strandrasen nicht an allen Uferabschnitten zu finden, sondern primär dort, wo Sand und Kies verschiedener Korngrössen deutlich vorherrschen. Der Bodentyp kann als Auenrohboden bezeichnet werden und weist in der Regel keine oder nur sehr geringe Humusanteile auf. Auch das Feinmaterial mit einer Korngrösse unter 0.063 mm ist in den obersten 20 cm des Substrats mit wenigen Prozent Anteil am Trockengewicht gemeinhin schwach vertreten. Sand (Korngrösse 0.063 bis 2 mm) macht einen knappen Drittel der Masse aus, mehr als die Hälfte der obersten 20 cm entfällt auf Kies mit einer Korngrösse von zwei bis 63 mm. Steine grösser als 63 mm haben wiederum nur einige Prozent Anteil am Trockengewicht (Strang 1993). Auch die selten auftretenden biogenen kalkreichen Sand-/Kiessubstrate - Baumann nannte diese «Schnegglisande» - können unter Umständen von *Littorella uniflora* besiedelt werden (Baumann, 1911).

Gemäss Literaturangaben wäre *Littorella uniflora* grundsätzlich auch in der Lage, auf reinem Torf oder auf lehmigen Böden zu wachsen (Farmer & Spence, 1986; Kolář, 2014). Am Bodensee jedoch ist *Littorella uniflora* höchstens ausnahmsweise auf torfigen Böden anzutreffen, da sich auf solchen Substraten die höherwüchsigen Konkurrenzpflanzen rasch durchsetzen und eine dichte Vegetation bilden, die für *Littorella uniflora* nicht geeignet ist. Auf Schlickflächen wurde *Littorella uniflora* am Bodensee bisher ebenfalls kaum gefunden (Dienst, mündl. (2022)).

Konkrete Detailangaben zur Schnittempfindlichkeit existieren für diese Art nicht. Nach Angaben von Dienst (mündl., 2022) wird *Littorella uniflora* wegen ihrer Kleinwüchsigkeit durch Pflegemahd (mit Balkenmäher) zur Reduktion höherwüchsiger Konkurrenzpflanzen nicht beeinträchtigt. Selbst bei einer Mahd mit einem Freischneider kann der Strandling bei entsprechender Vorsicht geschont werden.

Nachfolgend die ökologischen Zeigerwerte von *Littorella uniflora* gemäss Landolt et al. (2010):

- F4+ (nass)
- W+ (Feuchtigkeit stark wechselnd über mehr als 2 Stufen)
- R3 (schwach sauer bis neutral pH 4.5 – 7.5)
- N2 (nährstoffarm) (*Littorella uniflora* gilt als Zeiger für Stickstoffarmut (Franke & Zehm, 2009)
- L4 (hell)
- T4 (kollin)
- K2 (subozeanisch, hohe Luftfeuchtigkeit, geringe Temperaturschwankungen, eher milde Winter)
- Salzzeichen keine Angaben (Manche Autoren attestieren *Littorella uniflora* eine «gewisse Salztoleranz». Es werden Standorte in leicht salzhaltigen

Dünengewässern genannt oder Vorkommen am Meeresufer erwähnt) (Franke & Zehm, 2009; Hegi, 1906; Mucina et al., 1993).

Gemäss Strang et al. (2012) wird am Bodensee unter dem Begriff Strandrasen heute meist die Strandschmielen-Gesellschaft (*Deschampsietum rhenanae*) verstanden, die erstmals von Oberdorfer (1957) als für den Bodensee endemische Pflanzengesellschaft beschrieben wurde. Häufig wird noch die Nadelbinsen-Gesellschaft (*Littorello-Eleocharitetum acicularis*) dazu gezählt (Thomas et al., 1987), die sich insbesondere bei ausgeprägten Niedrigwasserständen bildet und in der Regel näher am Bereich der Mittelwasserlinie sowie unterhalb davon zu finden ist als das *Deschampsietum rhenanae*. Für Strang & Dienst (2004) gehört u.a. auch die landseitig anschließende Straußgras-Gesellschaft (*Rorippo-Agrostietum stoloniferae*) zum Strandrasen. In all diesen Vegetationsgesellschaften kann *Littorella uniflora* vorkommen. Aufgrund der speziellen Standortbedingungen sind die Strandrasen oligotropher Ufer von Natur aus selten.

In anderen Schweizer Seen ist die Art heute oft nur noch submers zu finden. Dort kann sie locker mit anderen Makrophyten vergesellschaftet sein, wie. z.B. mit dem Tausendblatt (*Myriophyllum sp.*) oder mit Armleuchteralgen (*Characeen*) (Seebald et al., 1993). Am Zürichsee ergibt sich stellenweise eine Verzahnung von submers wachsenden *Littorella uniflora*-Pflanzen mit dem lichten Röhricht (*Phragmition*). Auch am Bodensee kann *Littorella uniflora* an einigen wenigen Stellen im lichtem Röhricht beobachtet werden (dort allerdings nie permanent submers). Im Lago Maggiore an den Ufern der Brissago-Inseln wurde *Littorella uniflora* in einem ausgeprägten Niedrigwasser-Sommer zusammen mit *Ranunculus reptans* und *Eleocharis acicularis* sowie weiteren Arten am trockengefallenen Kiesufer gefunden (Marazzi & Mangili, 2017). Diese beiden genannten Arten werden von Delarze et al. (2015) für die Schweiz ebenfalls als Charakterarten des *Littorellion* bezeichnet. Es trat jedoch auch *Cyperus fuscus* auf, gemäss Delarze eine Charakterart der Einjährigen Schlammflur (*Nanocyperion*). In den von During (1980) beschriebenen Vegetationsgesellschaften in den Dünen der Niederländischen Friesischen Inseln wird *Littorella uniflora* ebenfalls erwähnt. Der Autor stellt die dort angetroffenen Pflanzengesellschaften zum *Nanocyperion*.

In Weihern und Kleinseen in Schleswig-Holstein (Kai & Lenzewski, 2019), Polen (Kłosowski & Szańkowski, 2011) und Frankreich (Ribaudo et al., 2017) wächst *Littorella uniflora* submers zusammen mit *Lobelia dortmanna* und *Isoetes sp*. Die Strandlings-Vorkommen in Teichgebieten sind häufig durch Vermengungen mit Arten der Zwergbinsen-Gesellschaften charakterisiert (*Isoeto-Nanojuncetea*). Die Unterwasserform tritt auch in nährstoffarmen Laichkraut- oder Nixenkraut-Gesellschaften auf (Franke & Zehm, 2009). Teilweise werden auch Vorkommen auf torfhaltigem Substrat an Heideweihern und Moorgewässern erwähnt. Dabei würden zahlreiche floristische und ökologische Beziehungen zu Zwergwasserschlauch- und verschiedenen Moorvegetationsgesellschaften bestehen (Mucina et al., 1993).

Gemäss FFH-Richtlinie sind *Littorella uniflora*-charakterisierte Gemeinschaften je nach Begleitpflanzen und Lebensraumeigenschaften zwei unterschiedlichen Vegetationsgesellschaften zuzuordnen. Die FFH-Richtlinie unterscheidet einerseits oligotrophe, sehr schwach mineralische Gewässer der Sandebenen (LUBW, 2021), mit niedriger,

ausdauernder aquatischer oder amphibischer Vegetation, die - manchmal in verschiedenen Zonen - von *Littorella uniflora*, *Lobelia dortmanna* oder *Isoetes* sp. dominiert wird (Typ 3110), wobei nicht immer alle Zonen vorhanden sein müssen. Teilweise bilden sich diese Gemeinschaften in Heidelandschaften auf sandigen Böden bzw. über Podsol. Andererseits grenzt die FFH-Richtlinie oligotrophe bis mesotrophe stehende Gewässer mit *Littorelletea uniflorae*- und/oder *Isoeto-Nanojuncetea*- Gesellschaften ab. Dort kommen je nach Subtyp *Littorella uniflora*, *Juncus bulbosus*, *Eleocharis acicularis*, *Eleocharis ovata*, *Cyperus fuscus*, *Cyperus flavescens*, *Juncus bufonius, Centaurium pulchellum* u.a. vor (Typ 3130) (LUBW, 2021). Dieser Vegetationstyp findet sich auch in feuchten Dünentälern.

Oberdorfer (1983) schliesslich scheidet eine ganze Klasse von Vegetationsgesellschaften aus, in denen *Littorella uniflora* auftreten kann und für die diese Art eine Ordnungs-Charakterart darstellt (*Littorelletea*, mit einer einzigen Ordnung *Littorelletalia*). Dazu gehören die Verbände *Deschampsion littoralis*, *Isoetion lacustris*, *Lobelion*, *Eleocharition acicularis* und *Hydrocotyle-Baldellion*. Dies gibt einen Eindruck der möglichen Vergesellschaftungen von *Littorella uniflora* in West- und Mitteleuropa wieder.

Für die Schweiz unterscheidet Delarze (2015) unter den Uferlebensräumen einen eigenen Lebensraumtyp Strandlings-Gesellschaft *Littorellion* mit *Littorella uniflora*, *Ranunculus reptans*, *Myosotis rehsteineri*, *Deschampsia littoralis*, *Eleocharis acicularis*, *Juncus bulbosus*, *Isoetes lacustris*, *Marsilea quadrifolia*, *Pilularia globulifera*, *Chara virgata*, *Baldellia ranunculoides* oder *Ranunculus trichophyllus* als Charakterarten. Davon grenzt er das *Nanocyperion* ab, das den Schlammfluren zugeordnet ist. Für das *Nanocyperion* gelten etwa *Anagallis minima*, *Blackstonia acuminata*, *B. perfoliata*, *Centaurium pulchellum*, *Cyperus flavescens* und *C. fuscus*, *Eleocharis ovata*, *Juncus bufonius*, *Sagina apetala*, *Veronica anagalloides* oder *Veronica scutelata* als Charakterarten.

Obwohl das *Littorellion* eine Seeufer-Vegetationsgesellschaft ist, fand Baumann (1911) am Rhein oberhalb Eglisau teilweise ausgedehnte *Littorella uniflora*-Bestände an Stellen, an denen sie den gesamten Sommer über andauernder und intensiver Strömung ausgesetzt waren.

Als konkurrenzschwache mehrjährige Pflanzenart ist *Littorella uniflora* auf oligotrophe bis mesotrophe Bedingungen angewiesen, da ansonsten die höherwüchsige Konkurrenzvegetation oder aber dichte Makrophyten-Bestände sowie Algenbeläge zu stark ausdunkeln. Auch ein Überdecken mit mineralischem oder organischem Material bei Zurückweichen des Hochwassers kann problematisch sein. Eine dicke Schicht Schlamm, Sand, Schwemmgut u.ä. kann die Pflanzen zum Absterben bringen, geringe Mengen eher lockeren Materials können jedoch durch Längenwachstum der Sprossachse durchstossen werden (Baumann, 1911). Während der Eutrophierungsphase (besonders in den 1970er Jahren) waren Fadenalgen am Bodensee ein großes Problem. Aktuell sind es eher Unmengen von Armleuchteralgen oder Molluskenschalen als Schwemmgut, die am Bodensee problematisch sind. Auch Substratumlagerungen ausgelöst durch verstärkte Erosion können zur zeitweisen Überdeckung mit Sand und Kies führen (Dienst, mündl., 2022). Hingegen hilft der jährlich schwankende Wasserstand die terrestrische Konkurrenzvegetation zurückzudrängen und stellt an unregulierten Seen den wichtigsten Einflussfaktor dar. Überhaupt

sind die Strandrasen-Bestände hoch dynamisch und reagieren in ihrer Ausdehnung und Zusammensetzung stark und innert kurzer Zeit auf die Wasserstandsbedingungen (Dienst & Strang, 2019, 2008).

Unter idealen Standortbedingungen kann *Littorella uniflora* dank sexueller und ausgeprägter vegetativer Vermehrung mittels bis zu 0.6 m langer ober- und unterirdischer Ausläufer relativ rasch ausgedehnte und dichte Rasen bilden und diese auch dominieren. In den Untersuchungen von Robe & Griffiths (1998) produzierten die submersen Pflanzen zwischen Mai und September durchschnittlich zwischen 1.6 und 1.8 Ableger. Die Neubesiedlung von benachbarten Uferabschnitten ist nachgewiesen (Strang et al., 2012). Bereits Baumann (1911) beobachtete entwurzelte Pflanzen von *Littorella uniflora* auf den Wellen treibend und schrieb ihnen das Potenzial zu, nach günstiger Anlandung an der neuen Stelle Bestände gründen zu können. Hingegen ging er davon aus, dass die Samenbildung am Untersee durch die Frühjahrshochwasser fast gänzlich unterdrückt würde. Kolář et al. (2017) untersuchten die Samenbank von aktuellen und historischen *Littorella uniflora*-Gewässern und fanden auch in vielen historischen Vorkommen noch einzelne Samen im Sediment. Die Keimungsrate war jedoch generell gering. Die Autoren beobachteten, dass die Keimung nur auf der Bodenoberfläche oder maximal in 1 cm Tiefe gelang. Ein Überdecken der Samen mit Sediment dürfte sich also negativ auf die Keimung auswirken. Auch Arts & van der Heijden (1990) stellten eine geringe spontane Keimungsrate von <13.3% fest. Erst eine Trocknungsphase von zwei bis vier Wochen, gefolgt von einer Phase auf feuchtem Untergrund bei merklichen tageszeitlichen Temperaturschwankungen führte zu einer deutlich höheren Keimungsrate von 76%.

Gemäss der Gewässerbeprobungen und Laborexperimente von John & Richert (2011) sind Samen von *Littorella uniflora* nur für kurze Zeit schwimmfähig und steigen bei Überstauung nicht an die Wasseroberfläche auf. Auch fehlten stromabwärts *Littorella uniflora*-Samen im Sediment der beprobten Gräben. Die Autorinnen schliessen daraus, dass Hydrochorie für diese Art für die Überwindung grösserer Entfernungen keine Bedeutung hat. Manche Autoren vermuten jedoch, dass die Samen von *Littorella uniflora* auch von Wasservögeln verbreitet werden könnten (Franke & Zehm, 2009). Allerdings ist von einer spontanen Neubesiedlung entfernter Gewässer in der Schweiz oder angrenzenden Regionen nichts bekannt.

Angepasst an die extremen Bedingungen des Überschwemmungsbereichs ermöglicht der niedrige Wuchs dem ausdauernden, wintergrünen Hemikryptophyten *Littorella uniflora* eine gewisse Resistenz gegenüber mechanischen Belastungen wie Wellenschlag oder Tritt. Durch eine frühe Blüte bereits anfangs Mai kann in günstigen Jahren die Samenbildung bereits vor dem Anstieg des Wasserpegels abgeschlossen sein (Dienst & Strang, 2005). Gemäss John & Richert (2011) reichen bereits kleinere Wasserstandsschwankungen von kurzer Dauer aus, um eine schnelle Blütenbildung und anschliessende Fruchtreifung der bereits submers vorhandenen Individuen zu ermöglichen. Andererseits kann die Blüte in Jahren mit frühem Pegelanstieg im Frühling ausfallen. Falls der Wasserpegel im Spätsommer früh sinkt, kann die Blüte von *Littorella uniflora* auch im August oder September stattfinden. Gemäss Baumann (1911) blühen dann jedoch nicht so viele Exemplare wie im Frühling. Ein Blütenstand besteht aus einer männlichen lang gestielten und meist zwei basalen weiblichen Blüten. Es würden jedoch weit mehr weibliche Blüten entwickelt als männliche, oft

sogar ausschliesslich weibliche. Des Weiteren gibt der Autor für ein Individuum meist ein bis fünf männliche und fünf bis 18 weibliche Blüten[stände] an, wobei Einzelpflanzen mehr Blüten produzieren würden als Individuen in dichten Beständen. Die Blüten sind grundsätzlich windbestäubt. Baumann (1911) berichtet jedoch von kleinen Fliegen, welche die Blüten umschweben würden, sodass eine Bestäubung durch Insekten nicht ganz ausgeschlossen sei. Protogynie wird als vorherrschende Strategie beschrieben, doch Baumann (1911) beobachtete auch Proterandrie oder Homogamie.

Robe & Griffiths (1998) nehmen an, dass die Fruchtreife etwa zwei bis drei Wochen in Anspruch nimmt, also eine mit Wasserpflanzen vergleichbare Zeitspanne. Diese Autoren haben durchschnittlich 8.5 Früchte pro Pflanze festgestellt und Kolář (2014) nennt ein Maximum von zwanzig Früchten, was im Vergleich zu anderen Wasserpflanzen, die teilweise mehrere tausend Samen produzieren, sehr wenig sei. Eigene Erfahrungen aus der Zwischenvermehrung können diese ‘grosse’ Anzahl weiblicher Blüten und Früchte jedoch nicht bestätigen. Auch ist nicht bei jedem Text klar, was mit einer «Pflanze» oder einem «Individuum» gemeint ist – eine Rosette oder mehrere nahe beieinander wachsende Rosetten?

John & Richert (2011) stellten fest, dass die Nüsschen vergleichsweise fest zwischen den äusseren Rosettenblättern in Bodennähe sitzen. Die Autorinnen vermuten, dass diese Blätter zuerst absterben müssen, um die Früchte freizugeben. Diese verbleiben daher wohl grundsätzlich in der Nähe der Elternpflanze, wo mit hoher Wahrscheinlichkeit gute Wuchsbedingungen herrschen. Allenfalls können sie noch auf dem Gewässergrund verlagert werden, doch grössere Distanzen schwimmend zu überwinden, scheint den Autorinnen wenig wahrscheinlich.

Als Landpflanze, die sekundär die Fähigkeit zur amphibischen Lebensweise in oligotrophen Gewässern erworben hat, bildete *Littorella uniflora* einige bemerkenswerte Anpassungen an diese Nische aus. Je nach Ökophase sind unterschiedliche Wuchsformen zu beobachten. Die Blätter der Landform sind kürzer (gemäss Baumann (1911) bis zu 9 cm lang), halbstielrund bzw. oberseits rinnig und mit Spaltöffnungen auf beiden Blattseiten versehen. Gegen den Spätherbst werden kürzere Blätter mit eher zylindrischer Form gebildet, welche am Bodensee teilweise auch den Winter überdauern (dort in der Regel emers). Im Frühling werden nach einigen Übergangsblättern wieder rinnige Blätter ausgebildet (Baumann, 1911). Steigt im Frühling der Wasserspiegel, überstehen gemäss Krause (2004) die Blätter der Landform die Überstauung während Monaten.

Submerse Pflanzen hingegen verfügen über bis zu 18 cm lange und rundliche Blätter mit grossen Lakunengängen, die sich durch die Sprossbasis bis in die Wurzeln fortsetzen. Nur in der Nähe der Blattspitzen finden sich einige wenige Spaltöffnungen, ansonsten weisen submerse Blätter keine Spaltöffnungen auf und sind mit einer relativ dicken Kutikula versehen. Das Lakunensystem aquatisch wachsender Strandlinge steht über eine apikale Öffnung in direktem Kontakt mit dem Umgebungswasser (Robe & Griffiths, 1998). Im Unterschied zu anderen Pflanzen befinden sich bei *Littorella uniflora* die Chloroplasten nicht in der Epidermis, sondern in einer Schicht, welche in direktem Kontakt die Lakunengänge umgibt. Dies begünstigt die Aufnahme von CO^2 und wird ebenfalls als eine Anpassung an die erschwerten physiologischen Bedingungen im Wasser betrachtet (Krause, 2004).

Wenn der Wasserpegel sinkt und die Pflanzen wieder auftauchen, spriessen innerhalb von zwei bis fünf Tagen neue Blätter der Landform und die submersen Blätter gehen zugrunde (Hostrup & Wiegleb, 1991; Krause, 2004).

Im Gegensatz zu anderen Wasserpflanzen kann *Littorella uniflora* Kohlenstoff nicht als Hydrogenkarbonat aufnehmen, sondern ist an die Aufnahme von CO^2 gebunden. CO^2 kommt im Wasser jedoch nur in geringen Konzentrationen vor, sodass die langsame CO^2-Diffusion die Photosynthese stark limitiert. Im Sediment jedoch kann die CO^2-Konzentration um das 5- bis 100-fache gegenüber dem Freiwasser erhöht sein. Bei der Wasserform von *Littorella uniflora* wurde ein ausgedehntes Wurzelsystem nachgewiesen, das bis in 30 cm Tiefe reichte und 30% des Trockengewichts ausmachte (Robe & Griffiths, 1998). Auch bei den terrestrischen Formen dürften diese Wurzeln noch vorhanden sein, sie waren in der Untersuchung von Robe & Griffiths (1998) aus dem trockenen Boden jedoch nicht unversehrt zu bergen. Nicht nur die vielen Wurzeln helfen bei der Aufnahme von CO^2 aus dem Boden, sondern auch die Tatsache, dass bei *Littorella uniflora* die Gasdiffusion nicht nur an der Wurzelspitze, sondern über die gesamte Länge der Wurzeln stattfindet (Kai & Lenzewski, 2019). Eine dicke Kutikula auf den Blättern wirkt zudem dem Diffusionsverlust von CO^2 entgegen (Mucina et al., 1993). Des Weiteren nutzt *Littorella uniflora* die eigentlich für Trockenstandorte charakteristische CAM-Photosynthese („Crassulacean acid metabolism“), bei der nachts CO^2 fixiert, als Malat zwischengespeichert und erst am Tag weiterverarbeitet wird. Dies wird ebenfalls als eine Anpassung an die schlechte CO^2-Verfügbarkeit angesehen, denn in der Nacht ist die CO^2-Konzentration im Freiwasser aufgrund von vorherrschenden Respirationsprozessen erhöht und somit für *Littorella uniflora* mit CAM-ähnlicher-Photosynthese besser verfügbar (Kai & Lenzewski, 2019; Krause, 2004).

Über die Wurzeln wird nicht nur CO^2 aus dem interstitiellen Raum aufgenommen, sondern im Gegensatz zu anderen Wasserpflanzen auch vergleichsweise viel Sauerstoff ausgeschieden (ROL, „radial oxygen loss“). Dies führt zur Oxidierung von Eisen, welches zusammen mit Phosphat als schwerlösliches Eisen-III-Phosphat ausfällt und so nicht mehr für Pflanzen zur Verfügung steht. Den erhöhten Sauerstoffgehalt rund um die Wurzeln machen sich dafür Mykorrhiza-Pilze zunutzen, die ihrerseits *Littorella uniflora* die Aufnahme von Phosphor und Stickstoff erleichtern (Kai & Lenzewski, 2019; Kolář, 2014). Mykorrhizierung ist unter Wasserpflanzen eine Besonderheit - unter Landpflanzen hingegen durchaus verbreitet – und spielt eine bedeutsame Rolle für die Besiedlung nährstoffarmer Sedimente in oligo- bis mesotrophen Seen. Durch ROL verändert sich auch die mikrobielle Gemeinschaft in der Rhizosphäre, in der vermehrt Ammonium oxidierende Archebakterien nachgewiesen wurden. Das von den Archebakterien produzierte Nitrat wird von *Littorella uniflora* als Hauptstickstoffquelle genutzt. Im Gegensatz dazu nehmen die meisten anderen Wasserpflanzen Stickstoff in Form von Ammonium auf (Kai & Lenzewski, 2019; Kolář, 2014).

Beim Wechsel von der Unterwasserform zur Landpflanze sind wiederum drastische physiologische Umstellungen nötig, um sich an die veränderten Kohlendioxid-Aufnahmewege und das Wasserregime anzupassen. So stellt *Littorella uniflora* während des Trockenfallens die Art der Photosynthese von CAM auf den für Landpflanzen üblichen C3-Photosynthesetyp um (Franke & Zehm, 2009).

2.2. Gefährdungsursachen

Zusammengefasst bestehen für *Littorella uniflora* in der Schweiz folgende Gefährdungsursachen (leicht verändert nach Info Flora (2022)):

- Regulierung des Wasserstandes (Stauung)
- Eutrophierung (früher Einleitungen, heute aus der Luft sowie noch vorhandene Nährstoffe im Sediment)
- Zerstörung des Lebensraums (Überbauung und Befestigungen jeglicher Art, Stege, Bootsanlegeplätze, Überkiesungen (z. B. Badestrände))
- veränderte Strömungsdynamik (Befestigungen etc.)
- Konkurrenz (*Phalaris arundinacea, Phragmites australis, Agrostis stolonifera, Carex acuta, C. elata*; bei den drei letzten nützt die Mahd nichts!)
- Verbrennen von Mähgut direkt am Strand
- Verbuschung, Beschattung, Treibholzanschwemmung
- Intensive touristische Nutzung (Baden, Surfen, Segeln, Camping, Boote an Land ziehen)
- kleine, isolierte Populationen
- Verschwinden des natürlichen Habitats
- Erosion durch Wind- und Schiffswellen (Dienst & Strang, 2022)

Das Ausbleiben von Wasserstandsschwankungen ist der wichtigste Grund für die Rückgänge von *Littorella uniflora* ausserhalb des Bodensees. Sowohl das Ausbleiben des Trockenfallens als auch fehlende Überschwemmungen wirken sich negativ aus. Im Unterschied zu *Littorella uniflora* im Zürichsee, im Neuenburgersee und im Thunersee, scheint die Art am Bodensee langfristig nicht submers existieren zu können. Dies geht aus den Erfahrungen mit Hochwassern aus den letzten dreissig Jahren hervor (Dienst, mündl., 2022). Baumann (1911) erwähnt zwar aquatische Vorkommen am Bodensee-Untersee, genauere Beschriebe dieser Standorte mit Resultaten mehrerer Begehungen fehlen jedoch. Langandauerndes Trockenfallen hingegen fördert die Konkurrenzvegetation vermutlich stärker als *Littorella uniflora*.

Am Bodensee zeigt sich exemplarisch, dass sich die Wasserstandsdynamik stark auf die Ufervegetation auswirkt. Dabei spielt die Dauer der Überflutung die wichtigste Rolle. Zusätzlich kann es gerade an wind- und wellenexponierten Uferabschnitten entscheidend sein, in welcher Höhe sich der Wasserstand bei Starkwindereignissen befindet. Die Brandung greift die Vegetation besonders dann an, wenn sich der Wasserspiegel im direkten Vegetationsbereich oder knapp unterhalb davon befindet. Neben der natürlichen Brandung spielen hierbei unter Umständen auch die von Schiffen verursachten Wellen eine nicht zu unterschätzende Rolle (Dienst & Strang, 2019).

Am Bodensee wurde beobachtet, dass die Bestandesdichte des Schilfröhrichts durch Nährstoffanreicherung und wegfallende Mahd im vergangenen Jahrhundert zunahm und den

kleinwüchsigen Arten eine Koexistenz verwehrte. Diese Beschattung wirkte sich auf die Strandrasen negativ aus (Dienst & Strang, 2019). Zusätzlich ist von Strandrasenarten bekannt, dass sie durch Algenwachstum auf den Blättern auch im submersen Stadium geschwächt werden. Dasselbe gilt bei Sedimentation von viel Detritus. Auch ein Überdecken mit mineralischem oder organischem Material bei Zurückweichen des Hochwassers kann problematisch sein. Eine dicke Schicht Schlamm, Sand, Schwemmgut u.ä. kann die Pflanzen zum Absterben bringen.

Der Strandling erträgt zwar eine gewisse Trittbelastung und besiedelt auch durch Tritt geschaffene offene Bodenstellen. Das Einholen von Booten auf den Strand an Stellen mit *Littorella uniflora*-Beständen, Befahren oder wiederholte und intensive Trittbelastung sind jedoch trotzdem schädlich und müssen verhindert werden. Von Wasservögeln wie etwa Gänsen, Schwänen, Blässhühnern u.a. ist bekannt, dass sie Strandrasen beweiden (Baumann, 1911; Robe & Griffiths, 1991; Dienst, mündl., 2022).

Wiederholte Strandrasen-Untersuchungen am Thurgauer Bodenseeufer zeigten, dass *Littorella uniflora* grundsätzlich sehr anpassungsfähig ist, sich also trotz ungünstiger Bedingungen (Erosion, Strandwall, Sukzession) wieder ausbreiten bzw. neu ansiedeln kann. Es ist zu beachten, dass Lage und Populationsgrösse von Jahr zu Jahr leicht variieren können (Dienst & Strang, 2019).

2.3. Auswirkungen einer Klimaveränderung

Die hydrologischen Szenarien lassen in der gesamten Schweiz eine weitere Zunahme der Abflüsse im Winter erwarten. Dies ist durch die prognostizierte Zunahme der Winterniederschläge und die Verschiebung von Schnee zu Regen beim winterlichen Niederschlag bedingt. Im Sommer weisen die Szenarien auf eine mittlere Abflussabnahme durch verminderte Sommerniederschläge, höhere Verdunstung und die Abnahme des Gletscher- und Schneeschmelzwassers hin. Starkniederschläge werden künftig generell intensiver ausfallen und häufiger auftreten. Bezüglich extremer Hochwasser oder extremer Trockenheit bleibt in den Modellen eine gewisse Unsicherheit über die zukünftige Entwicklung bestehen (BAFU, 2021).

Bei den unregulierten Seen wird sich dies direkt auf die Seewasserstände auswirken und insbesondere zu einer Erhöhung der Wasserstände im Winter (eigentlich die Zeit der Tiefstände) sowie zu tieferen Pegeln im Sommer (eigentlich die Zeit der hohen Wasserstände) und im Herbst führen. Es muss demnach in Zukunft insbesondere in unregulierten Seen mit einer weiteren Angleichung der Pegelstände zwischen Winter- und Sommerhalbjahr bzw. mit (noch) geringeren saisonalen Wasserstandsschwankungen gerechnet werden (BAFU, 2021). Im Kanton Zürich weist der Greifensee mit einer Amplitude von ungefähr einem Meter die höchsten Pegelschwankungen auf. Das Wehr beim Seeausfluss ist nicht mehr funktionell (Weggler et al., 2011).

Bei den regulierten Seen (im Kanton Zürich der Zürichsee und der Pfäffikersee mit einer Amplitude von ca. 0.5 m resp. 0.3 m) kann ein Teil der Auswirkungen abgefangen werden,

allerdings wurden die Wehrreglemente nicht mit dieser Zielsetzung erstellt. Es wird deshalb untersucht, wie sich die Änderung der Zuflüsse auf die Seepegel auswirken werden und ob Handlungsbedarf bezüglich der Reguliervorschriften besteht, z.B. indem die Wasserstände im Frühjahr höher gehalten werden als bisher, um im Sommer mehr Wasser zur Verfügung zu haben. Absehbar ist, dass die Nachfrage nach Wasserentnahmen aus den Seen besonders im Sommer zunehmen wird und mit verminderter Wasserverfügbarkeit in Konflikt geraten kann (BAFU, 2021). Der Klimawandel schränkt die wenigen Möglichkeiten, an Zürcher Seeufern geeignete Habitate für *Littorella uniflora* zu finden oder zu schaffen, weiter ein.

Für allfällige Flussuferhabitate bedeuten tiefere Sommerwasserstände möglicherweise eine Zunahme der Konkurrenzvegetation wie z.B. Rohr-Glanzgras. Gleichzeitig könnten die vermehrten Hochwasser ruderale Uferbereiche häufiger erodieren, was potenziell geeignete Flächen für *Littorella uniflora* schmälern oder gar angesiedelte Bestände zerstören könnte. *Littorella uniflora* langfristig an Flussufern anzusiedeln wird durch den Klimawandel eher noch schwieriger.

Für den Bodensee haben Datenanalysen neben verminderten Pegelschwankungen auch ergeben, dass die Lufttemperatur in den letzten Jahrzehnten deutlich angestiegen ist (in einigen Berechnungen deutlich über 1 °C). Es muss deshalb davon ausgegangen werden, dass der Trockenstress für die Vegetation teilweise zugenommen hat. An manchen Uferabschnitten fiel ausserdem auf, dass der Austritt von Hangquellwasser seit den 1990er Jahren deutlich zurückgegangen ist (Dienst & Strang, 2019; Ostendorp et al., 2007). Diese möglichen Auswirkungen des Klimawandels könnten künftig auch die Strandrasen am Bodensee noch stärker negativ beeinflussen. Im Weiteren dürften die reduzierten Pegelschwankungen dazu führen, dass die Uferzone, welche für Strandrasenarten geeignete Lebensraumbedingungen bietet, schmaler wird. Eine früher eintretende Hochwasserphase infolge milderer Winter könnte auch die für Blüte und Samenbildung der Strandrasenpflanzen zur Verfügung stehende Zeit einschränken und die ohnehin schon kleinen Bestände am Bodensee weiter gefährden (Ostendorp et al., 2007).

2.4. Bestandessituation in Europa

Littorella uniflora ist ein nordisch-subatlantisches Florenelement, das in fast ganz Europa sowie auch auf den Azoren und Island zu finden ist. Der Schwerpunkt der Vorkommen liegt im Norden Europas, die Art fehlt jedoch in den arktischen Gebieten Skandinaviens. Die südlichsten Vorkommen finden sich in Marokko, ansonsten erreicht die Art im nördlichen Mittelmeerraum die Iberische Halbinsel, Korsika und Sardinien sowie Kroatien. Östlich erstreckt sich ihr Verbreitungsgebiet bis Karelien bzw. an den Ural und das Schwarze Meer. *Littorella uniflora* fehlt in Asien östlich des Urals (Käsermann, 1999; Rhazi et al., 2010).

In Nord- und Südamerika sind zwei andere *Littorella*-Arten zu finden, *L. americana* respektive *L. australis* (Hoggard et al., 2003).

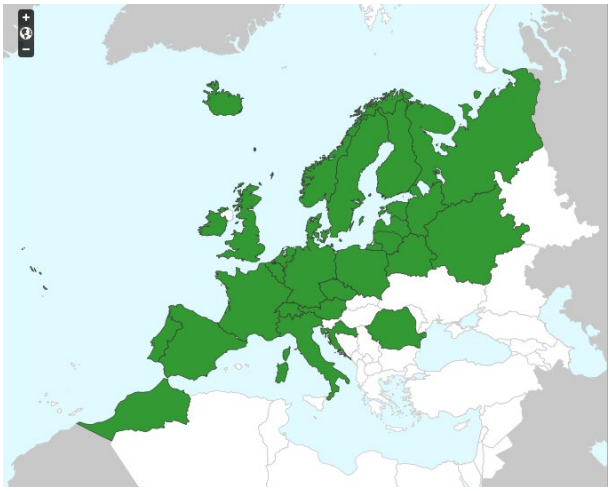

Abb. 2 Aktuelle Verbreitungssituation von *Littorella uniflora* (L.) Asch. in Europa. Grün: einheimisch. Anmerkung: Die Karte gibt die Vorkommen auf Basis der Ländergrenzen an, was jedoch keine Rückschlüsse auf die tatsächliche Arealgrösse oder die Fundhäufigkeiten zulässt. Quelle: Euro+Med PlantBase (2022).

In Deutschland, wo ein starker langfristiger Bestandesrückgang verzeichnet wurde, gilt die Art als stark gefährdet. Die Art ist nach der Bundesartenschutzverordnung jedoch nicht besonders geschützt (Kai & Lenzewski, 2019; Metzing et al., 2018). Auch in Italien wird *Littorella uniflora* als stark gefährdet eingestuft (Orsenigo et al., 2021). In Frankreich ist die Art zwar national geschützt, in verschiedenen Regionen verbreitet und in den regionalen Roten Listen mit unterschiedlichen Gefährdungsgraden aufgeführt, wird jedoch national als nicht gefährdet bezeichnet (Museum national d'Histoire naturelle, 2022; Verhaeghe, 2021). Im Rahmen der Berechnung der neuen Artwerte für die Fachstelle Naturschutz ergab die Einschätzung der Gefährdung der Pflanzenarten in Europa durch S. Demuth und Th. Breunig (Marti, 2020) für *Littorella uniflora* die Einstufung «potenziell gefährdet».

Am deutschen und österreichischen Bodenseeufer wird *Littorella uniflora* je nach Bundesland in unterschiedlicher Intensität überwacht, Ansiedlungen stehen nicht im Fokus. Bei Bedarf werden Pflegearbeiten durchgeführt wie z.B. das Räumen von Treibholz. Bei Friedrichshafen wurden seit 2008 dreimal *Littorella uniflora*-Pflanzen in geringen Mengen ausgepflanzt. Für den Strandling war die Ansiedlung sehr erfolgreich, während die Auspflanzung für die anderen drei Strandrasen-Arten *Deschampsia rhenana*, *Ranunculus reptans* und *Myosotis rehsteineri* weniger nachhaltig waren (Strang & Dienst 2021).

Am französischen Ufer des Genfersees wird *Littorella uniflora* mittels spezifischer Uferrenaturierungs- und Wiederansiedlungsprojekte gefördert.

2.5. Bestandessituation in der Schweiz

Littorella uniflora kam früher an allen grossen Seen der Schweiz vor ausser am Brienzer-, Zuger- und Walensee. Teilweise fand sich die Art auch flussabwärts unterhalb von besiedelten Seen sowie bei Bonfol (JU).

Heute besiedelt die Art in der Schweiz Uferabschnitte am Bodensee, Zürichsee (submers), Neuenburgersee (submers), Thunersee (submers), Genfersee sowie am Lago Maggiore. Ausser am Bodensee kommt *Littorella uniflora* in den Schweizer Seen immer nur punktuell vor (Käsermann, 1999). Am heutigen Verbreitungsschwerpunkt am Bodensee wurde in den vergangenen etwa hundert Jahren ein enormer Rückgang festgestellt. Im Vergleich zum Beginn des zwanzigsten Jahrhunderts sind dort heute nur noch zehn bis zwanzig Prozent der *Littorella uniflora*-Bestände vorhanden (Strang et al., 2012).

Die Art ist in der Schweiz stark gefährdet (EN) (Bornand et al., 2016), eine Überwachung der Bestände ist notwendig und es besteht ein klarer Massnahmenbedarf zur Erhaltung und Förderung der Art. Die Dringlichkeit zur Erhaltung und Förderung der Art wird als mittel eingestuft (Stufe 3 von 4, wobei 1 sehr hohe Priorität bedeutet). Im internationalen Vergleich hat die Schweiz eine geringe Verantwortung für die Art (BAFU, 2019). *Littorella uniflora* ist in der Schweiz nicht gesetzlich geschützt, in manchen Kantonen besteht jedoch ein vollständiger oder ein teilweiser Schutz.

Im Kanton Thurgau werden die Strandrasen-Bestände regelmässig überwacht, ihre Entwicklung detailliert erhoben und gegebenenfalls punktuell Pflegemassnahmen umgesetzt oder Öffentlichkeitsarbeit betrieben, um deren Schutz sicherzustellen. Auch im Kanton Schaffhausen wurden die verbliebenen Bestände der Strandrasenarten erhoben und punktuell Wiederansiedlungen vorgenommen. Allenfalls wird künftig ein Aktionsplan für diese Arten erarbeitet. Im Kanton Genf wurde ab 2007 für einige Jahre ein Aktionsplan zugunsten von *Littorella uniflora* umgesetzt. Dieser beinhaltete Wiederansiedlungen und Pflegemassnahmen. Die aktuelle Rote Liste des Kantons Genf benennt *Littorella uniflora* jedoch als regional ausgestorben (Mombrial et al., 2020).

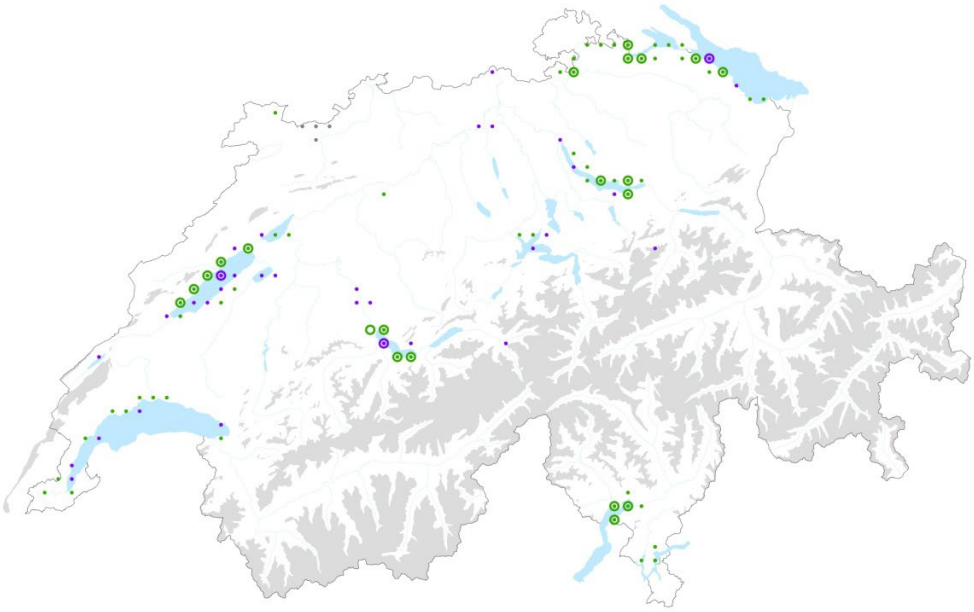

Abb. 3 Aktuelle Verbreitungssituation von *Littorella uniflora* (L.) Asch. in der Schweiz (Stichjahr: 2010). Quelle: Info Flora, 2022. grün: validierte Fundmeldungen, violett: noch nicht validierte Fundmeldungen, grau: Meldungen aus Atlas Welten & Sutter (1982) und dessen Nachträgen, seither nicht bestätigt; Punkte: Funde vor 2010, Kreise: Funde ab 2010.

3. Situation im Kanton Zürich

3.1. Ursprüngliche Vorkommen

Littorella uniflora kam früher an diversen Uferabschnitten des Zürichsees sowie am Rhein vor (und auch auf der Schaffhauser Seite des Rheins). Die Zürcher Vorkommen am Rhein sind erloschen. Am Zürichsee ist die Art heute auf Kantonsgebiet nur noch an einer Stelle zu finden, wo sie in recht kleinen Beständen submers wächst. Die rezenten Vorkommen am Obersee (SZ und SG) befinden sich ebenfalls konstant unter Wasser (Bauer, 2018). Die in historischen Quellen belegten - und teilweise mit der Bemerkung „in Massen“ versehenen - Vorkommen an diversen flachen Uferabschnitten des Zürichsees, die im Winter trockenfielen, existieren heute nicht mehr.

3.2. Neu gegründete Vorkommen

Im Rahmen der Fördermassnahmen der kantonalen Naturschutzfachstelle wurden seit 2004 durch Auspflanzungen an acht Ansiedlungsorten im Kanton neue Vorkommen gegründet (Fachstelle Naturschutz Kanton Zürich, 2022).

3.3. Aktuelle Bestandessituation und Gefährdung

Im Rahmen der Berechnung der neuen Artwerte für die Fachstelle Naturschutz ergab die Einschätzung der Gefährdung der Pflanzenarten im Kanton Zürich durch verschiedene Experten (Marti, 2020) für *Littorella uniflora* die Einstufung «vom Aussterben bedroht». Der Handlungsbedarf ist sehr gross. Angesichts der aktuellen Bestandessituation von *Littorella uniflora* in der Schweiz kommt dem Kanton Zürich eine mittlere bis grosse Verantwortung für die Erhaltung dieser Art in der Schweiz zu.

Die einzige noch ursprüngliche Zürcher Population im Zürichsee ist stabil, jedoch nicht sehr gross. Eine submerse Pflanzung an einem renaturierten Uferabschnitt in der Nähe der ursprünglichen Population war kurzfristig mässig erfolgreich. Ob sich der Bestand halten und vergrössern kann, muss sich noch zeigen. Pflanzungen am terrestrischen Ufer eines Rückwassers am Rhein zeigten sich mittelfristig insofern erfolgreich, als die Bestände sich anfangs vergrössert hatten und anschliessend stabil blieben. Jedoch wird *Littorella uniflora* an diesem Ansiedlungsort stark von diversen Konkurrenzpflanzen bedrängt, was regelmässige Pflegemassnahmen erfordert. Fallen diese weg, wird auch *Littorella uniflora* an diesem Wuchsort wieder verschwinden. Eine weitere Ansiedlung kann wegen Unzugänglichkeit des Gebiets nicht kontrolliert werden, sodass unklar ist, ob dort noch Pflanzen vorhanden sind. Die übrigen Ansiedlungen sind erfolglos verlaufen. Dies betrifft insbesondere auch sämtliche Ansiedlungen an Teichen.

4. Umsetzung Aktionsplan

4.1. Ziele

4.1.1. Gesamt- und Zwischenziele

Gemäss dem vom Regierungsrat am 20.12.1995 festgesetzten Naturschutz-Gesamtkonzept sollen die einheimischen Tier- und Pflanzenarten so erhalten werden, dass seltene und heute bedrohte Arten in langfristig gesicherten Beständen vorkommen.

Um dieses Ziel zu erreichen, muss für *Littorella uniflora* das unten definierte Gesamtziel erreicht werden.

Gesamtziel

Anzahl Populationen:	10 Populationen*
Grösse der Populationen:	5 Populationen mit mindestens 1000 Pflanzen**
Autochthone Population:	Besiedelte Fläche und Bestandesdichte mindestens erhalten

* einschliesslich der ursprünglichen Population

**Die Zieleinheit ist die Anzahl Pflanzen – in diesem Aktionsplan gleichgesetzt mit der Anzahl Rosetten -, da diese Einheit im Feld auszählbar ist.

Die Ziele werden ab dem Start des Aktionsplanes im Jahr 2022 gerechnet. Massnahmen wurden bereits ab dem Jahr 2004 umgesetzt. Mit der Umsetzung des vorliegenden Aktionsplanes sollen in einem Zeitrahmen von 10 Jahren folgende Zwischenziele erreicht werden:

- Die ursprüngliche Population soll in ihrem Bestand erhalten werden.
- In der Nähe der bekannten ehemaligen sowie an weiteren geeigneten Wuchsorten im ehemaligen Verbreitungsgebiet sollen neue Vorkommen gegründet werden.

Zwischenziel 2032

Ziel 1	5 neue Populationen
Ziel 2	3 neue Populationen mit mindestens 500 Pflanzen
Ziel 3	2 neue Populationen mit mindestens 200 Pflanzen
Ziel 4	1 ursprüngliche Population mit gleichbleibender Fläche und Deckungsgrad

4.1.2. Zielbegründung

Äussere Ereignisse wie eine Veränderung der Nährstoffsituation oder der Wasserdynamik, grosse Bauprojekte, Herbivoren etc. können das Erlöschen von Populationen einer Art bewirken. Eine Anzahl von weniger als 10 Populationen ist daher generell als zu risikoreich zu beurteilen. Kleine Populationen sind dabei besonders gefährdet abzusterben. Aus populationsökologischer Perspektive sind für das langfristige Überleben mit sexueller Reproduktion allgemein mindestens 5'000–10'000 Pflanzen in vernetzten Beständen erforderlich.

4.2. Erhaltungs- und Förderungsmassnahmen

4.2.1. Bestehende Vorkommen

In erster Linie sollen für die bestehende ursprüngliche Populationen Förderungsmassnahmen eingeleitet werden. Das bestehende Vorkommen wird durch folgende Massnahmen erhalten bzw. gefördert:

- Überwachung der bestehenden ursprünglichen Population
- Populationsvergrösserungen durch Ansiedlungen, Gestaltungs- und Regenerationsmassnahmen

4.2.2. Wiederansiedlungen

Eine spontane Ansiedlung wurde in den vergangenen Jahren nicht festgestellt. Aufgrund der kleinen Anzahl bestehender Populationen, der geringen Anzahl und der grossen Distanz (Barrieren) geeigneter aufnahmefähiger Biotope besteht eine sehr geringe Wahrscheinlichkeit der Ausbreitung an einer neuen Stelle. Neue Populationen müssen daher i.d.R. durch Auspflanzung gegründet werden.

Littorella uniflora kam früher an diversen Uferabschnitten des Zürichsees und am Rhein (sowie auch auf Schaffhauser Seite) vor. Ansiedlungen sind im Kanton Zürich im ganzen ursprünglichen Verbreitungsgebiet anzustreben. Zusätzlich können ggf. geeignete Stellen am Greifensee in Betracht gezogen werden.

Ausserhalb der Schweiz ist *Littorella uniflora* auch in Fischteichen und Kleinseen anzutreffen. Diese Art der Fischzucht wird im Kanton Zürich kaum praktiziert. Falls jedoch ein solches Gewässer für Ansiedlungen zur Verfügung stehen würde, wäre dies durchaus denkbar.

Für die Wiederansiedlung sind grundsätzlich folgende Punkte zu beachten:

- rechtlicher Schutz der Ansiedlungsorte: Wiederansiedlungen erfolgen ausschliesslich in unter Naturschutz stehenden Gebieten oder solchen, die in absehbarer Zeit geschützt werden
- Wahl geeigneter Ansiedlungsorte:

  - ehemalige Wuchsorte (wo die Populationen sicher erloschen sind und wo die zum Erlöschen führenden Faktoren beseitigt sind)
  - geeignete Orte gemäss den in Kap. 4.2.3 beschriebenen Faktoren
- die Jungpflanzen / das Saatgut sollen von den biogeographisch nächsten vorhandenen ursprünglichen Populationen stammen, zugleich ist auf eine möglichst grosse genetische Vielfalt zu achten
- Dokumentation

4.2.3. Potenziell geeignete Lebensräume

Für die Art potenziell geeignet sind flache Ufer mit sandig-kiesigem, stabilem Untergrund ohne Röhricht, die sich an oligo- bis mesotrophen Stillgewässern mit saisonal stark schwankendem Wasserstand befinden. Ebenfalls in Betracht gezogen werden können einigermassen stabile sandig-siltige Ufer von Fliessgewässern, an denen keine grossen Substratumwälzungen durch die Gewässerdynamik zu erwarten sind. Zu vermeiden sind Standorte, an denen ein massives Überdecken mit Schlick, Algenwatten, Schwemmgut o.ä. zu erwarten ist, wie etwa direkt an Fliessgewässer angeschlossene Rück- und Altwasser. Bei geeigneten Biotopbedingungen können sich wieder grössere Populationen entwickeln.

Bei der Wiederansiedlung von Populationen sollte die Mehrheit der nachfolgenden Kriterien zutreffen:

Standort:

- Ufer von Gewässern mit regelmässig stark schwankendem Wasserstand (die Pegel der Zürcher Seen schwanken kaum)
- Flachufer mit einer Neigung von zirka 1:20 oder aber etwas steilere Ufer, an denen vorgelagerte Riffs die Kraft der Wellen brechen
- zwischen Mittelwasserlinie und mittlerer Hochwasserlinie oder in der Wasserwechselzone, jedoch ausserhalb des Bereichs mit langanhaltendem Wellenschlag; (die geringen Wasserstandsschwankungen an den Zürcher Seen führen dazu, dass Wellenschlag und/oder Sedimenttransport – oder aber Konkurrenzvegetation – an praktisch allen Ufern ein unüberwindbares Hindernis darstellen)
- in der Zone mit mehrwöchigen Überschwemmungen
- keine Überschüttung mit Sedimenten
- sonnig
- keine Freizeitnutzung
- nicht vor Uferbefestigungen, da diese Wellen reflektieren, was zu unerwünschten Substratumlagerungen führen kann

Boden/Substrat:

- sandig-kiesig mit relativ hohem Grobkiesanteil (dies ist an kleinen Zürcher Stillgewässern meist nicht gegeben, da dort meist humose Böden vorherrschen); es sollte sich dabei um eine nährstoffarme Mischung von Ton/Sand/Fein- bis Grobkies handeln, sodass alle Korngrössen bis ca. 6 cm vertreten sind; idealerweise wird daher

für Neuschaffungsflächen ungewaschener Wandkies verwendet; falls kein ungewaschener Wandkies zur Verfügung steht, können die Fraktionen wie folgt vermischt werden: Ton/Schluff 5%, Sand 25%, Kies (2–60 mm) 70% [im Detail: 15–20% Feinkies, 30–35% Mittelkies und 20–25% Grobkies]
- stabil (keine langandauernden Sedimentbewegungen); bei Neuschaffungsflächen allenfalls bei Niedrigwasser feströtteln sowie ein oder mehrere Jahre warten mit der Pflanzung
- Nährstoffgehalt gering
- pH irrelevant

Vegetation:
- möglichst vegetationsfrei
- keine dominant auftretenden Arten (z.B. Grossseggen, Straussgras, Rohr-Glanzgras, Schilf) als Konkurrenten
- Auspflanzungen wenn möglich auf Rohböden (Neuschaffungsflächen)

Pflege:
- ggf. Mahd von Schilf und Rohr-Glanzgras (2–3x jährlich, einmal vor dem Pegelanstieg, einmal im Frühsommer; jeweils unter Wasser, Schnittgut abführen). Straussgras und Grossseggen müssen gejätet werden, mähen nützt bei diesen Arten nichts.
- in der Nähe von bestehenden Vorkommen neue Flachufer oder Riffs schaffen

Die Realisierbarkeit von Wiederansiedlungen ist für jeden Standort anhand obenstehender Kriterienliste zu prüfen. Als Grundlage für die Detailplanung und die Umsetzung ist im Anhang eine Checkliste für Ansiedlungen beigefügt (Anhang A).

4.2.4. Optimale Pflege der Lebensräume

An Orten mit Vorkommen von *Littorella uniflora* dürfen keine Eingriffe (inkl. Pflegemassnahmen) ohne Rücksprache mit bzw. Bewilligung der Fachstelle Naturschutz vorgenommen werden.

Littorella uniflora ist konkurrenzschwach und gedeiht nur an offenen Stellen. Diese bleiben nur dann langfristig geeignet, wenn die Hydrologie des Gewässers stimmt und die Konkurrenz zurückdrängt. Niedrigwasserjahre können zum Erstarken der Konkurrenz führen. In diesen Fällen ist vorübergehend ein mehrmaliger jährlicher Schnitt von Schilf oder Rohr-Glanzgras angezeigt. Idealerweise erfolgt dieser unter Wasser sowie einmal im Winter und zusätzlich einmal im Juni. Gegebenenfalls kann ein weiterer Schnitt im Sommer durchgeführt werden.

Straussgras und Grossseggen müssen gejätet werden, da sie zu wenig auf Mähen reagieren (Thomas et al., 1987). Aufkommende Gehölze sind zu entfernen.

5. Erfolgskontrolle

5.1. Erfolgskontrolle Aktionsplan

5.1.1. Methode

Ursprüngliche Populationen werden in regelmässigen, je nach Grösse in kürzeren oder längeren Abständen kontrolliert. Bei angesiedelten Populationen sind anfangs engere Kontrollabstände vorgesehen, die mit der Zeit grösser werden. In besonderen Einzelfällen (beispielsweise zur Sicherstellung einer geeigneten Pflege) können zur Überwachung der Entwicklung eines neuen Wuchsortes über einen Zeitraum von 4 Jahren (resp. 2 Jahren nach Ansaaten) Ansiedlungsbegleitungen ausgeführt werden. Insgesamt werden folgenden Kontroll-Frequenzen angewendet. In begründeten Fällen sind Ausnahmen möglich.

Anwendungsfall	**Kontrolljahre (=Anz. Jahre nach Start/Ansiedlung)**
Ursprüngliche Teilpopulation < 20 Ind. / > 20 Ind. / > 500 Ind.	je nach Grösse jedes 2. / 4. / 8. Jahr
Angepflanzte Teilpopulation	2, 6, 14, 22
Ansiedlungsbegleitung nach Anpflanzung	1 – 2 x in den ersten 4 Jahren (falls nötig bis zu 4 x einschliesslich der regulären Kontrolle im 2. Jahr)
Angesäte Teilpopulation	6, 8, 12, 20
Ansiedlungsbegleitung nach Ansaat	1 oder 2

Für die Bestandes- und Wirkungskontrollen wird innerhalb der einzelnen Teilflächen jeweils die zielrelevante Einheit (Anzahl Pflanzen) gezählt oder geschätzt.

Es ist anzustreben, die Randlinien der Bestände als Polygone mit GPS einzumessen und in ein geographisches Informationssystem zu übertragen. Zudem sollten die Standortfaktoren der Populationen ermittelt und mit den Populationsentwicklungen in Beziehung gesetzt werden

5.1.2. Erfolgsbeurteilung

Der Erfolg der Umsetzung des Aktionsplanes wird an der Erreichung der Gesamtziele sowie der Zwischenziele für den Zeitraum von 10 Jahren (Kap. 4.1.1) gemessen.

Es wird davon ausgegangen, dass nach einem Jahr ein Zehntel dieser Ziele erreicht werden sollte, d.h. die Zielerreichung wird in Abhängigkeit der verstrichenen Zeit beurteilt. Dabei kommt die folgende Skala zur Anwendung:

Beurteilungsskala

sehr erfolgreich	alle vier Ziele wurden erreicht
erfolgreich	3 Ziele wurden erreicht
mässig erfolgreich	2 Ziele wurden erreicht
wenig erfolgreich	1 Ziel wurde erreicht
nicht erfolgreich	kein Ziel wurde erreicht

5.1.3. Interventionswerte

Ein dringender Handlungsbedarf entsteht, wenn künftig ein Rückgang um 25% oder mehr der Fläche der einzelnen (Teil-) Populationen oder der Anzahl Pflanzen des Gesamtbestandes festgestellt wird. Als Massnahmen bieten sich dann ggf. an: Verbesserung der Hydrologie, Konkurrenten entfernen, entbuschen.

5.2. Erfolgsbeurteilung der bisherigen Massnahmen

5.2.1. Massnahmen allgemein

In einem separaten Steckbrief werden Erfahrungen aus bisherigen und zukünftigen Massnahmen zusammengestellt und laufend aktualisiert (auf Nachfrage erhältlich).

An den Zürcher Seen stellen die äusserst geringen Wasserstandsschwankungen das Hauptproblem dar. Ausserdem sind sehr viele Uferpartien hart verbaut, weisen ein zu steiles Ufer auf oder sind mit Schilfröhricht bestanden. Grössere Bau- oder Sanierungsprojekte am und im Zürichsee ermöglichen allenfalls die Neuschaffung grösserer geeigneter Flachufer oder Riffs und stellen eine grosse Chance zur Förderung von *Littorella uniflora* dar. Es besteht jedoch ein Interessenkonflikt mit Röhrichthabitaten, deren Förderung an Seeufern ebenfalls prioritär ist. Es ist daher wichtig, dass die Informationen zur Schaffung von für *Littorella uniflora* geeigneten Uferstellen bereits früh im Planungsprozess eingebracht werden. Es ist ein Merkblatt dazu in Erarbeitung (Fachstelle Naturschutz Kanton Zürich, 2022).

Unverbaute bestehende Ufer am Zürichsee sind meist entweder von Schilf bestanden und daher zu dunkel oder dann zu steil, sodass die für eine Anpflanzung geeignete Wasserwechselzone dauernd von Substratumlagerungen betroffen ist. Dies ist für *Littorella uniflora* kein geeigneter Lebensraum.

Am Bodensee sind die Lebensraumverhältnisse am Ufer abgesehen von den jährlich unterschiedlichen Wasserpegelschwankungen recht stabil, sodass grundsätzlich keine Artenförderungsmassnahmen notwendig sind. Die Bestände werden jedoch detailliert überwacht. An einzelnen Standorten wird Konkurrenzvegetation gemäht oder (am Bayrischen Ufer) Treibholz entfernt. Ansiedlungen erfolgen nur selten und sehr punktuell.

Aufgrund der Lebensraumvoraussetzungen im Kanton Zürich sind Wiederansiedlungen auf geeigneten Flächen im ursprünglichen Verbreitungsgebiet wichtig, um *Littorella uniflora* zu fördern.

5.2.2. Wiederangesiedelte Populationen

Am Zürichsee wurde in der Nähe der bestehenden ursprünglichen Population ein Uferabschnitt renaturiert und konnte für Ansiedlungen von *Littorella uniflora* genutzt werden. Allerdings war das Anpflanzen aufgrund des Wellenschlags schwierig. Die Ansiedlungen zeigten keinen Erfolg, vermutlich wurden etliche Setzlinge bald wieder herausgespült.

Eine erneute Pflanzung mit auf Wollvliess gezogenen Pflanzen zeigte kurzfristig insofern Erfolg, als dass die Pflanzen anwachsen und Ableger bilden konnten. Allerdings wurden ihre Blätter über den Winter grösstenteils vermutlich abgefressen. Nur im Schutz grosser Steine waren zwar kleine, aber vollständig erhaltene Exemplare zu finden. Ein weiteres halbes Jahr später jedoch waren auch von diesen Pflanzungen keine Individuen mehr feststellbar. Eine Ausnahme bestand für eine Stelle auf sandigem Boden unter Wasser, auf der auch noch wenige andere Makrophyten zu finden waren. Dort überlebten einige *Littorella uniflora*-Pflanzen für ein Jahr. Die weitere Entwicklung muss noch verfolgt werden.

Pflanzungen am terrestrischen Ufer eines Rückwassers am Rhein zeigten sich mittelfristig insofern erfolgreich, als die Bestände sich anfangs vergrössert hatten und anschliessend stabil blieben. Die Pflanzorte werden zwar jährlich überschwemmt, in der Regel wird jedoch kein Schlamm deponiert. Dagegen wird *Littorella uniflora* von der Landseite her stark von diversen Konkurrenzpflanzen bedrängt, wie z.B. *Agrostis stolonifera*, *Gratiola officinalis*, *Salix* sp. Um die Bestände zu erhalten, ist weiterhin regelmässiges Jäten erforderlich.

Pflanzungen an Ufern oder submers in Teichen erwiesen sich bisher nicht als erfolgreich. Allenfalls halten die Algen im Sommer das Licht zu stark ab.

Am Bodensee wurde 2018 eine grössere Ansiedlung vorgezogener Topfpflanzen an einem kiesigen, stabilen Flachufer vorgenommen, die kurzfristig sehr erfolgreich verlief. Der mittel- und langfristige Erfolg muss noch überprüft werden. Es wurden jedoch bisher – ausser Trittschäden – keine größeren Störfaktoren beobachtet (Dienst &und Strang, 2022).

5.2.3. Weiteres Vorgehen

Für die Schaffung geeigneter Uferstrukturen für *Littorella uniflora* wird im Rahmen des Aktionsplans ein Merkblatt verfasst, das den Verantwortlichen für ökologische Ersatzmassnahmen möglichst früh im Planungsprozess abgegeben werden sollte (Fachstelle Naturschutz Kanton Zürich, 2022).

Für Ansiedlungen empfiehlt sich das Ausbringen von vorgezogenen Pflanzen. Die Zwischenvermehrung von *Littorella uniflora* ist relativ problemlos möglich. Ausgehend von angesiedelten Pflanzen können sich unter geeigneten Bedingungen in der unmittelbaren Umgebung durch Ausläufer rasch grössere Bestände bilden.

Die Herkünfte Bodensee und Zürichsee sollten dabei räumlich getrennt gezogen (windbestäubt) und nur im jeweiligen Einzugsgebiet und stromabwärts davon eingeführt werden. Um die genetische Vielfalt in der Zwischenvermehrung zu erhalten, ist es wichtig, den Pflanzen über den Winter eine emerse Phase zu ermöglichen, sodass sie im Frühling blühen und erfolgreich fruchten können.

Da die Winter- und Sommerwasserpegel an den Zürcher Seen sehr nahe beieinander liegen, stellt Wellenschlag für Anpflanzungen ein Problem dar, weil die Setzlinge sofort wieder ausgewaschen werden. Die Vermehrung von *Littorella uniflora* auf einer Wollvliess-Kies-Konstruktion verlief bisher erfolgreich. Diese Unterlage kann mit Ankern und Steinen am Seegrund befestigt werden. Diese Methodik soll weiter angewendet und verbessert werden.

Frass durch Wasservögel und ggf. weitere Tiere kann den Ansiedlungserfolg stark schmälern. Eine erste Beobachtung ergab für eine Pflanzung submers und unmittelbar neben andere Makrophyten einen besseren Ansiedlungserfolg als für isolierte Stellen submers oder emers. Ob dies auf einen einmaligen Effekt zurückzuführen ist oder generell als Hinweis auf geeignete Ansiedlungsstellen unter Wasser verstanden werden soll, muss noch geprüft werden.

Ein erster Versuch für submerse Pflanzungen ergab ein besseres Resultat für eine Stelle mit Sand. Ob sandiges Substrat grundsätzlich zu bevorzugen ist, muss durch weitere Versuche noch erhärtet werden.

Da die Wasserpegel der Zürcher Seen kaum schwanken, liegen die bezüglich Überflutungsdauer geeigneten Stellen am Ufer für eine lange Zeit, wenn nicht sogar dauerhaft, im Einflussbereich des Wellenschlags. Die von der Kraft der Wellen umhergerollten Kiesel und Steine stellen ein grosses Hindernis für erfolgreiche Anpflanzungen dar, da sie die Pflanzen mechanisch zerstören können. Es sollte deshalb nach einer Methode für Unterwasser-Pflanzungen gesucht und diese erprobt werden. Allenfalls lassen sich damit bessere Erfolge erzielen als mit Pflanzungen an Land oder auf Riffs.

Des Weiteren sollten auch Anpflanzversuche an eher schlammigen, vorübergehend trockenliegenden Gewässerufern vorgenommen werden, wie es bei anderen europäischen Vorkommen in leicht anderen Vegetationstypen der Fall ist (z.B. in Fischweihern), um das Potenzial solcher Standorte für den Kanton Zürich besser einschätzen zu können.

Die Erfahrungen vom Bodensee weisen darauf hin, dass die dortigen *Littorella uniflora*-Pflanzen nicht submers überdauern können. In der Zwischenvermehrung sollte dies getestet werden, da eine solche Eigenschaft Implikationen für die Ansiedlungsstellen ergibt.

6. Literatur / Quellen

Arts, G.H.P., & R.A.J.M. van der Heijden, 1990. Germination ecology of *Littorella uniflora* (L.) Aschers. Aquat. Bot., Nr. 37, 139–151.

BAFU, 2011. Liste der National Prioritären Arten. Arten mit nationaler Priorität für die Erhaltung und Förderung, Stand 2010. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 1103.

BAFU, 2019. Liste der National Prioritären Arten und Lebensräume. In der Schweiz zu fördernde prioritäre Arten und Lebensräume. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 1709.

BAFU (Ed.), 2021. Auswirkungen des Klimawandels auf die Schweizer Gewässer. Hydrologie, Gewässerökologie und Wasserwirtschaft. Bundesamt für Umwelt BAFU, Wissen, Nr. 2101.

Bauer, L., 2018. *Littorella uniflora* am oberen Zürichsee Untersuchung der aktuellen Verbreitung und Ökologie einer gefährdeten Art. Wettbewerbsarbeit Schweizer Jugend forscht.

Baumann, E., 1911. Die Vegetation des Untersees (Bodensee) – Eine floristisch-kritische und biologische Studie. Arch. Hydrobiol. Suppl. Nr. 1: 554 S. + 15 Tafeln. Stuttgart, Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung Nägele & Dr. Sproesser.

Bornand, C., Eggenberg, S., Gygax, A., Juillerat, P., Jutzi, M., Möhl, A., Rometsch, S., et al., 2016. Rote Liste der Gefässpflanzen - Gefährdete Arten der Schweiz. Umwelt-Vollzug Nr. 1621.

Delarze, R., Gonseth, Y., Eggenberg, S. & M. Vust, 2015. Lebensräume der Schweiz: Ökologie - Gefährdung - Kennarten, 3.Aufl., Ott Verlag, Bern.

Dienst, M. & I. Strang, I., 2005. Die Strandschmielen-Gesellschaft: eine endemische Pflanzengesellschaft des Bodensee-Litorals. Neujahrsblatt Naturforschende Gesellschaft in Zürich, Nr. 208, 191–195.

Dienst, M. & I. Strang, 2008. Die Dynamik der Strandrasen am Thurgauer Bodenseeufer seit 1990 Dargestellt anhand von Mikrokartierungen. Schriften Ver. Für Gesch. Bodensees U Seiner Umgeb., Nr. 126, 215–230.

Dienst, M. & I. Strang, I. 2019. Monitoring der Strandrasen am Thurgauer Bodenseeufer im Jahr 2018. Bericht im Auftrag des Amts für Raumentwicklung des Kantons Thurgau.

Dienst, M. & I. Strang, I. 2022. Wellen nagen an den Strandrasen – Erosion am Bodenseeufer am Beispiel eines Uferabschnittes westlich Güttingen/CH. Factsheet. AGBU-Aktuelles Thema, Arbeitsgruppe Bodenseeufer, Konstanz. 2 S.

During, H.J., 1980. Life Forms and Life Strategies in Nanocyperion Communities from the Netherlands Frisian Islands. Acta Bot. Neerlandica, Nr. 29, 483–496.

Euro+Med PlantBase, 2022. The Euro+Med PlantBase - the information resource for Euro-Mediterranean plant diversity. https://europlusmed.org (abgerufen am 23.12.22).

Fachstelle Naturschutz Kanton Zürich, 2022. Aktionsplan Flora Datenbank Kanton Zürich, apflora.ch, Stand 2022.

Fachstelle Naturschutz Kanton Zürich, 2022. Merkblatt Strandling *Littorella uniflora* (L.) Asch. - Anleitung für Seeuferaufwertungen am Zürichsee. Merkblatt (in Fertigstellung).

Farmer, A.M. & D.H.N. Spence, 1986. The growth strategies and distribution of isoetids in Scottish freshwater lochs. Aquat. Bot., Nr. 26, 247–258.

Franke, T. & A. Zehm, 2009. Merkblatt Artenschutz 3 Strandling *Litorella uniflora* (L.) Aescherson. 2. Auflage, Bayerisches Landesamt für Umwelt, Augsburg.

Hegi, G., 1906. Illustrierte Flora von Mittel-Europa: mit besonderer Berücksichtigung von Deutschland, Oesterreich und der Schweiz: zum Gebrauche in den Schulen und zum Selbstunterricht., Laufende Neuauflagen, J. F. Lehmanns Verlag, München.

Hoggard, R.K., Kores, P.J., Molvray, M., Hoggard, G.D. & D.A. Broughton, 2003. Molecular Systematics and Biogeography of the Amphibious Genus Littorella (Plantaginaceae). Am. J. Bot., Nr. 90, 429–435.

Hostrup O. & G. Wiegleb, 1991. Anatomy of leaves of submerged and emergent forms of Littorella uniflora (L.) Ascherson, Aquat. Bot., Nr. 39, Iss. 1–2, 195-209.

Info Flora, 2022. Das nationale Daten- und Informationszentrum der Schweizer Flora. *Littorella uniflora* (L.) Asch. https://www.infoflora.ch/de/flora/littorella-uniflora.html (abgerufen am 12.22.22).

John, H. & E. Richert, 2011. Hydrochorie ausgewählter Arten der Strandlings- und Zwergbinsengesellschaften (Littorelletea, Isoëto-Nanojuncetea) im Erzgebirge. Tuexenia, Nr. 31, 87–104.

Kai, J. & N. Lenzewski, 2019. Maßnahmen zur Förderung und Entwicklung der Strandlingsrasen in schleswig-holsteinischen Seen. Unveröffentlichter Bericht.

Käsermann, C., 1999. Merkblätter Artenschutz – Blütenpflanzen und Farne: EN *Littorella uniflora* (L.) ASCH. – Strandling – Plantaginaceae. Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern.

Kłosowski, S. & M. Szańkowski, 2011. Habitat differentiation of the *Myriophyllum alterniflorum* and *Littorella uniflora* phytocoenoses in Poland. Acta Soc. Bot. Pol., Nr. 73, 79–86.

Kolář, J., 2014. *Littorella uniflora* (L.) Ascherson: A Review. Sci. Agric. Bohem., Nr. 45, 147–154.

Kolář, J., Kučerová, A., Jakubec, P. & J. Vymazal, 2017. Seed bank of *Littorella uniflora* (L.) Asch. in the Czech Republic, Central Europe: does burial depth and sediment type influence seed germination? Hydrobiologia, Nr. 794, 347–358.

Krause, J., 2004. Conservation de *Littorella uniflora* (L.) Aschers. dans la région lémanique. Diplomarbeit, Université de Genève.

Landolt, E., Bäumler, B., Erhardt, A., Hegg, O., Klötzli, F., Lämmler, W., Nobis, M. et al., 2010. Flora indicativa: ökologische Zeigerwerte und biologische Kennzeichen zur Flora der Schweiz und der Alpen, 2. Aufl., Haupt, Bern.

Lenzewski, N., 2019. Maßnahmen zur Förderung und Entwicklung der Strandlingsrasen in schleswig-holsteinischen Seen, Abschlussbericht; im Auftrag von Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein

Landesanstalt für Umwelt .B.-W. (Ed.), 2021. FFH-Lebensraumtyp 3110 Nährstoffarme Stillgewässer.

Marazzi, B. & S. Mangili, 2017. Note floristiche ticinesi: specie rare sulle rive esposte delle Isole di Brissago (Cantone Ticino, Svizzera) grazie a un livello del lago eccezionalmente basso. Boll. Della Soc. Ticinese Sci. Nat., Nr. 105, 23–30.

Marti, K., 2020. Floristische Artwerte Kanton Zürich 2018, Methodenbericht. Unveröff. Bericht, Fachstelle Naturschutz Kanton Zürich.

Metzing, D., Hofbauer, N., Ludwig, G. & G. Matzke-Hajek, 2018. Rote Liste gefährdeter Tiere, Pflanzen und Pilze Deutschlands - Band 7: Pflanzen. Bundesamt für Naturschutz, Bonn-Bad Godesberg.

Mombrial, F., Chevalier, M., Favre, E., Lacroix, A., Sandoz, E., Sandoz, F. & S. Tribot, 2020. Liste Rouge des plantes vasculaires du canton de Genève, Pubclication Hors-Série. Conservatoire et Jardin Botaniques de la Ville de Genève, Genève.

Mucina, L., Grabherr, G. & T. Ellmauer, 1993. Die Pflanzengesellschaften Österreichs: Teil I: Anthropogene Vegetation. Teil II: Natürliche waldfreie Vegetation.Teil III: Wälder und Gebüsche. Spektrum Akademischer Verlag.

Museum national d'Histoire naturelle, 2022. *Littorella uniflora* (L.) Asch., 1864 - Littorelle à une fleur, Littorelle des étangs, Littorelle des lacs. Inventaire Natl. Patrim. Nat., https://inpn.mnhn.fr/espece/cd_nom/106419 (abgerufen am 22.12.22).

Oberdorfer, E., 1983. Pflanzensoziologische Exkursionsflora, 5. Aufl., Ulmer, Stuttgart.

Oberdorfer, E., 1957. Pflanzensoziologische Exkursions Flora. VEb Gustav Fischer Verlag, Jena.

Orsenigo, S., Fenu, G., Gargano, D., Montagnani, C., Abeli, T., Alessandrini, A., Bacchetta, G. et al., 2021. Red list of threatened vascular plants in Italy. Plant Biosyst. - Int. J. Deal. Asp. Plant Biol., Nr. 155, 310–335.

Ostendorp, W., Brem, H., Dienst, M., Jöhnk, K.D., Mainberger, M., Peintinger, M., Rey, P. et al., 2007. Auswirkungen des globalen Klimawandels auf den Bodensee. Schriften Ver. Für Gesch. Bodensees Seiner Umgeb., Nr. 2007, 199–244.

République et Canton de Genève, Interreg IIIA France-Suisse, ASTERS, Conservatoire et Jardin Botanique & EcoTec, 2007: Plan d'actions – Programme Interreg IIIa, Juin 2007 : La littorelle - *Littorella uniflora* (L.) Ascherson.

Rhazi, L., Grillas, P., Rhazi, M. & R. Lansdown, 2010. IUCN Red List of Threatened Species: *Littorella uniflora*. IUCN Red List Threat. Species.

Ribaudo, C., Boutry, S., Moreira, S., Jan, G. & V. Bertrin, 2017. Ecosystem services and threats of rare species: the isoetid environment.

Richtlinie 92/43/EWG des Rates vom 21. Mai 1992 zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen. Inkl. Anhang I.

Robe, W.E. & H. Griffiths, 1998. Adaptations for an amphibious life: changes in leaf morphology, growth rate, carbon and nitrogen investment, and reproduction during adjustment to emersion by the freshwater macrophyte *Littorella uniflora*. New Phytol., Nr. 140, 9–23.

Seebald, O., Philippi, G. & S. Seybold, 1993. Die Farn- und Blütenpflanzen Baden-Württembergs. Ulmer, Stuttgart.

Strang, I., 1993. Untersuchungen zur Strandschmielengesellschaft am westlichen Bodensee. Diplomarbeit. Universität Konstanz.

Strang, I. & M. Dienst, 2004. Die Auswirkungen der Wasserstände am Bodensee auf das Deschampsietum rhenanae zwischen 1989 und 2003. Limnologica, Nr. 34, 22–28.

Strang, I., Dienst, M. & M. Peintinger, 2012. Mitteilungen der Thurgauischen Naturforschenden Gesellschaft Band 66: Die Entwicklung der Strandrasen am Unterseeufer in den letzten 100 Jahren.

Strang, I. & M. Dienst, 2021, Strandrasen am Seemooser Horn in Friedrichshafen/Manzell. Stadt Friedrichshafen, Amt für Bürgerservice, Sicherheit und Umwelt (BSU).

Thomas, P., Dienst, M., Peintinger, M. & R. Buchwald, 1987. Die Strandrasen des Bodensees (Deschampsietum rhenanae und Littorello-Eleocharitetum acicularis) Verbreitung, Ökologie, Gefährdung und Schutzmaßnahmen. Veröff. Naturschutz Landschaftspflege Baden-Württ., Nr. 62, 325–346.

Verhaeghe, F., 2021. Etude et conservation de la Littorelle à une fleur (*Littorella uniflor* (L.) Asch.) – Rapport de stage individual 4ème année. Ecole Polytechnique Universitaire de Tours.

Weggler, M., Marques, D., Schwarzenbach, Y. & M. Widmer, 2011. Wirkung von Uferschutzzonen am Greifensee auf das Brutverhalten des Haubentauchers *Podiceps cristatus*, den Bestand von Brutvögeln des Röhrichts und überwinternde Wasservögel. Ornithol. Beob., Nr. 108, 55–70.

Welten, M. & R. Sutter, 1982. Verbreitungsatlas Der Farn- und Blütenpflanzen der Schweiz. Springer, Basel.

Internet-Seiten:

https://de.pflanzengesellschaften-oesterreichs.at/?tpc=pages/buch/01.Was&pge=Strandlings-Gesellschaften

Mündliche Auskunft:

Michael Dienst, Konstanz, mündliche Mitteilung 2022.